

УДК 62-4

Бойко С.Ю.¹, Лаптева Г.М.², Єфанов В.С.³

¹ студ. гр. ІФ-412м НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

³ д-р PhD, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ВПЛИВ РОЗМІРУ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА РОЗРАХУНКОВІ НАПРУЖЕННЯ ЗМИНАННЯ У ЗОНІ КОНТАКТУ КУЛЬКИ З ДОРІЖКОЮ КОЧЕННЯ РАДІАЛЬНОГО ШАРИКОПІДШИПНИКА

Характерним пошкодженням металічних поверхонь деталей, які котяться під навантаженням, у тому числі і поверхонь підшипників, є раковини, ямки, щербинки – так звані пітінги, які являють собою особливий вид пошкодження поверхні під дією змінних контактних напружень, які перевищують деяку межу для даного матеріалу. Тому, при проектуванні високовідповідальних підшипникових вузлів, які сприймають значні навантаження, необхідно оцінювати їх контактну витривалість, а для цього - і рівень фактично діючих контактних напружень (напружень зминання) в експлуатаційних умовах. Прикладене до підшипника навантаження сприймається вкрай малими площами контакту тіл кочення з доріжками кочення, тому напруження в місцях контакту навіть при відносно помірних навантаженнях виявляються дуже значними, що впливає із даного Герцем класичного вирішення цієї задачі (1882). Сучасні способи скінченно-елементного аналізу дозволяють вирішити цю задачу з урахуванням не тільки геометричних характеристик контактуючих тіл, пружних характеристик матеріалу та величини навантаження, а й з урахуванням таких додаткових факторів, як робоча температура, тертя, відцентрова сила, пружно-пластичні і втомні характеристики матеріалу тощо. Однак застосування такого аналізу потребує верифікованої скінченно-елементної моделі з оптимальними розмірами елементів у зоні площинки контакту, які забезпечують достатню для інженерних розрахунків точність.

Дослідження впливу розміру скінченних елементів на розрахункові напруження зминання у зоні контакту кульки з доріжкою кочення радіального шарикопідшипника 209 виконано шляхом проведення розрахунків за допомогою програми для скінченно-елементного аналізу Ansys Mechanical APDL 2022 R2 та порівняння отриманих результатів з теорією Герца. Для цього підготовлено п'ять скінченно-елементних моделей «кулька – внутрішнє кільце»: з розміром елементів 0,5 мм, 0,3 мм, 0,15 мм, 0,075 мм та 0,04 мм у зоні контакту. Моделі розроблені з використанням елементів SOLID185, SOLID186, SOLID187 бібліотеки елементів Ansys, що використовуються для вирішення тривимірних задач механіки.

Вхідними даними для розрахунків є геометричні параметри, пружні характеристики матеріалу та параметри навантаження підшипника 209:

1. Основні геометричні параметри підшипника 209 для розрахунку: діаметр кульок: $D = 12,7$ мм, радіус канавок доріжок кочення $r = 6,6$ мм, радіус внутрішнього кільця по нижнім точкам канавки – $R = 26,15$ мм.

2. Матеріал кульок та кілець – підшипникова сталь з модулем пружності $2,08 \cdot 10^6$ МПа та коефіцієнтом Пуассона 0,3.

3. Найбільш навантажена кулька підшипника сприймає силу 3600 Н.

Величина максимальних напружень зминання за теорією Герца для вищевказаних умов складає 2865 МПа.

За результатами розрахунків у програмі Ansys побудовано графік залежності максимальних напружень зминання у зоні контакту кульки з доріжкою кочення при навантаженні силою 3600 Н від розміру елементів (див. рис.).

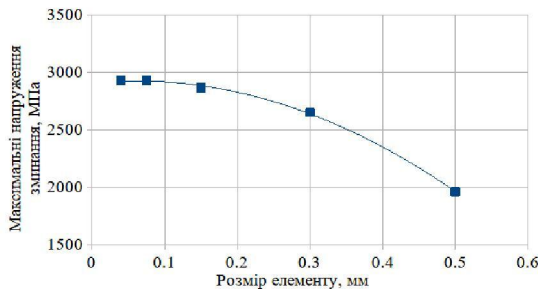


Рисунок – Графік залежності максимальних напружень зминання від розміру елементів у зоні контакту кульки з доріжкою кочення внутрішнього кільця шарикопідшипника 209 при навантаженні силою 3600 Н.

Таким чином, при зменшенні розміру елементів у зоні точкового контакту кульки з доріжкою кочення внутрішнього кільця шарикопідшипника 209 при навантаженні силою 3600 Н величина максимальних напружень зминання наближається до постійного значення 2926 МПа, що вказує на достатність проведених «згушень» сітки до розміру елементів 0,04 мм. Величина максимальних напружень зминання 2926 МПа на 2,1% більша за величину, отриману по теорії Герца (2865 МПа), що вірогідніше за все пов'язано з неповною відповідністю одному з припущень теорії Герца: розмір площинки контакту має бути дуже малим у порівнянні з кривизною контактуючих тіл.

Отриману верифіковану скінченно-елементну модель точкового контакту шарикопідшипника можна застосовувати для дослідження впливу різноманітних додаткових факторів, пов'язаних з характеристиками матеріалу та поверхні.